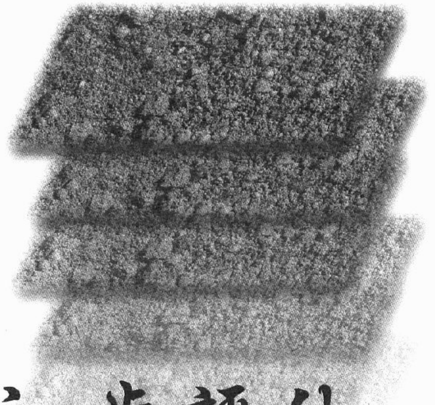


土壤資訊之應用——土壤液化敏感度初步評估

◎農試所農化系　郭鴻裕 江志峰 劉滄棽 朱戩良 劉禎祺

九二一集集地震造成許多地區嚴重的土壤液化現象，有許多建築傾斜及農田噴砂現象；報載發生地點包括：八掌溪河岸、斗南部分地區、員林、社頭、大村地區、鹿港鎮彰濱工業區、伸港鄉大度溪出海口、臺中港碼頭、霧峰鄉附近社區、太平鄉部分地區、民間、中寮地區、南投市軍功里、振興里及貓羅溪沿岸、草屯鎮隘寮溪沿岸等。因土壤液化發生地點與九二一地震相關之車籠埔斷層並無密切之關連，引起災區附近民眾的恐慌，擔心自用建築是否位於土壤液化區及應如何補強。

政府應充分提供土壤液化之潛在危險區等相關資訊與規範，讓民眾有所遵循及預防，避免再次發生災情，但目前工程相關單位並無圖面化之土壤液化潛在危險區資料可以應用，如要調查本項資料恐費時而且緩不濟急。利用土壤調查資料加以闡釋加值應用，應可利用於興築一般淺地基之民房、庫房及公路等建築物之防止土壤液化災害之參考。

土壤液化（Soil liquefaction）是土壤強度及凝結度因地震搖動而減弱之現象；在飽和之粗質地土壤中，受到地震剪力波激烈的搖動後，土粒構造瓦解，土壤顆粒間的排列趨於緊密，進而擠壓孔隙間的水份，孔隙間的水壓增高，壓力昇高超過承受土壤之重量，土壤即變成像液體性質，或土壤水壓往可移動之土粒處增加或噴出地面，造成地基土壤與水充分混合而成泥漿，支撐地上物的能力也相對降低，而造成建築傾斜等嚴重災害。砂與沉泥很容易沉積而形成很疏鬆的蜂窩式結構；在靜水中緩慢沉澱的顆粒或鬆散傾倒的濕土粒會形成”顆粒與顆粒”的接觸體，此種土壤會形成很大的孔隙。粗粒土壤與沉泥，其顆粒與顆粒表面的比值較大，所以重力作用對於土粒排列的影響也較大。

在高含水量下，土壤與水的混合物近似液體。當水量減少，土壤與水的混合物體積減少而具塑性。土壤在液性狀態與塑性狀態之間的含水量稱爲液限(Liquid limit, LL)。若土壤含水量小於液限，則爲塑性狀態；若大於液限，則爲液性狀態。土壤在塑性狀態與半固體狀態之間的含水量，稱爲塑限(Plastic limit, PL)。塑性指數則指土壤之液限與塑限之差。土壤的自然含水量與塑限的差對塑性指數的比，稱爲液性指數(Liquidity index, LI)；LI若小於1，表示土壤含水量小於液限，LI很小或接近零時，表示含水量接近塑限，此時土壤凝聚強度高。土壤之塑限

、液限大小與土壤質地粗細、粘粒類別、交換性陽離子關係密切；粘粒含量越高，塑限的含水量越高，砂土只要少量的水即達到液限。土壤液化條件如下所列：

(一)歷史資料：過去曾發生土壤液化區，將來還是有機會再度發生。但臺灣地區少有確切記載土壤液化地點，故少有此項資料可供應用。

(二)地質條件：土壤堆積之地質過程可強烈的影響土壤液化敏感度。在沖積、崩積、風積或洪積環境堆積的土壤如果處於飽和狀態，則易於發生土壤液化現象。

(三)土壤液化之土壤條件：土壤粒子小於0.005mm的部分少於15%；土壤液限(LL)≦35%；土壤含水量≧0.9LL；液性指數≧0.75。

(四)土壤生成初期之沉降狀態。

土壤資訊系統是目前台灣地區最能全面性掌握土壤性質之資料庫，土壤調查資料是一種多目標利用之調查資料庫，自然亦可用於土壤液化之初步評估。本所在九二一震災以後，曾利用土壤資訊系統對災區之土壤液化敏感度進行分析探討。評估方法是利用農試所建立之土壤資訊系統資料庫之雲、嘉、南、中、彰、投地區土壤質地、土壤排水及有效土層(90至150公分深)等資料，轉變爲土壤液化條件之分類，配合中央地質調查所提供之土壤斷層圖，應用地理資訊軟體MAPINFO之資料分析，繪製雲嘉南中彰投等縣市土壤液化的敏感度圖。

土壤液化條件與土壤資料之參數轉換

土壤粒子≦0.005mm的部分少於15%
土壤液限(LL)≦35%
↓
土壤質地類別(USDA)：
砂土、壤質砂土、砂質壤土

液性指數≧0.75
土壤含水量≧0.9LL
↓
排水等級：浸水相、排水不良、排水不完全

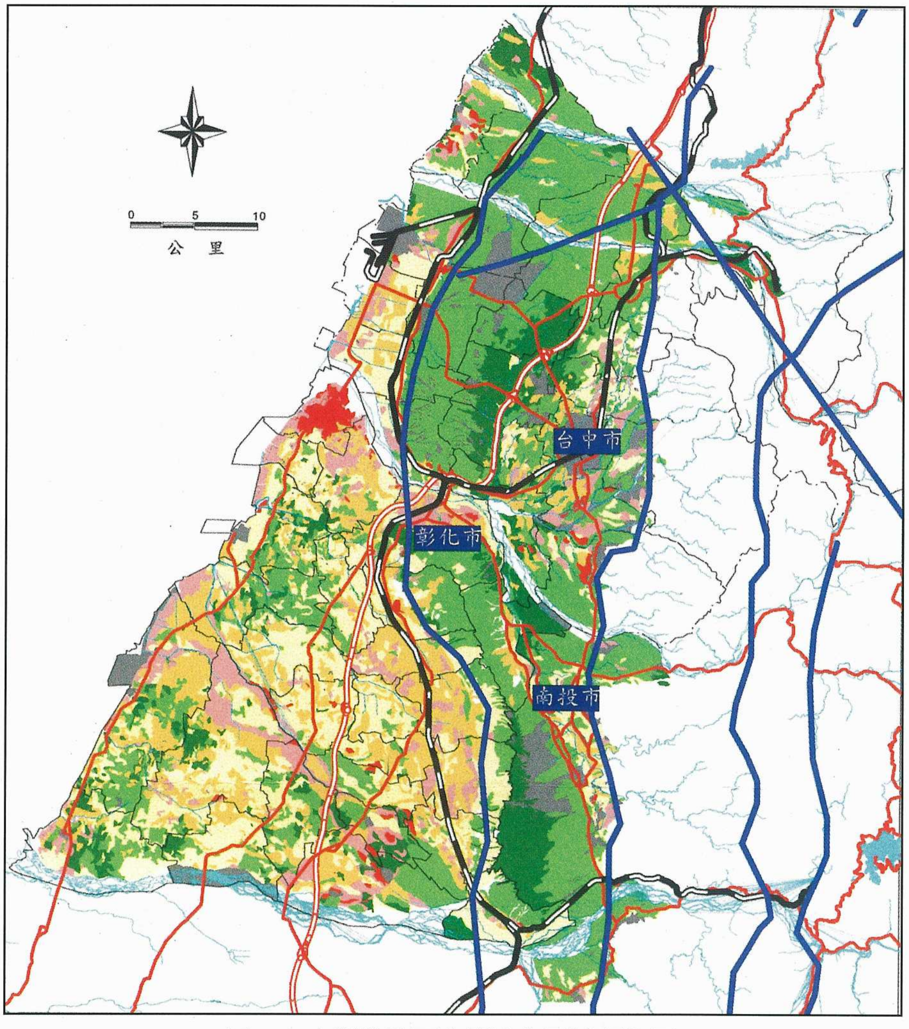
表一、土壤液化的敏感度分級(淺層建築地基適用)

等級	粗質地 (砂土、壤質砂土等)	中粗質地 (砂質壤土、極細砂質壤土)	中質地 (坋質壤土、壤土等)	中細質地 (黏質壤土、坋質黏壤土等)	細質地 (坋質黏土、黏土等)	石礫
排水良好、尙佳	2	3	4	5	5	5
排水不完全	1	2	3	4	5	5
排水不良	0	1	2	3	4	4
浸水相	0	0	1	2	3	3

1.等級說明　0：90%以上液化風險, 1：70%以上液化風險, 2：50%以上液化風險,
3：30%以上液化風險, 4：10%以上液化風險, 5：無液化風險

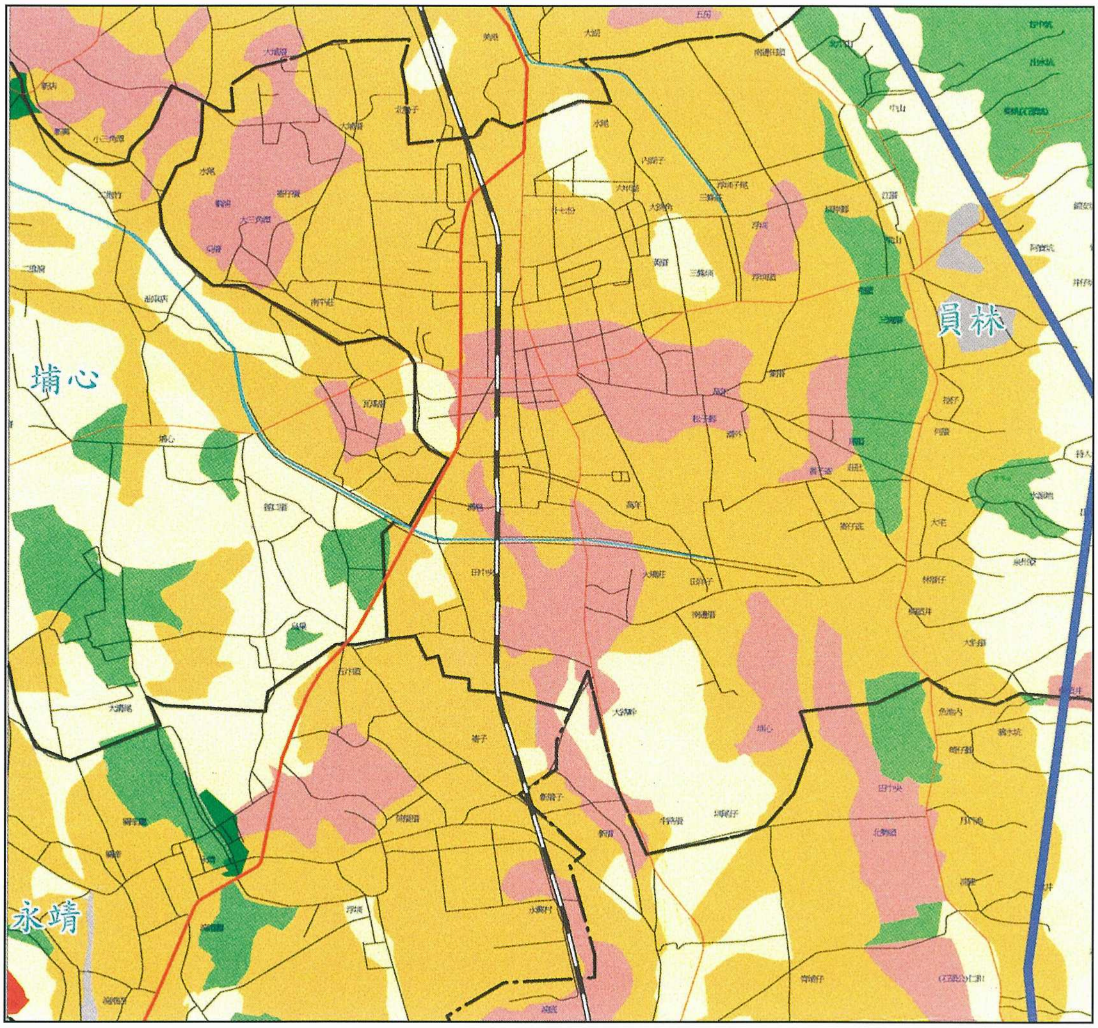
2.斷層線五公里範圍區外等級降一級

本分析結果與報載土壤液化災區相吻合，包括：員林社頭、斗南、烏溪出海口沿岸、南投軍功寮、霧峰、草屯、大城、後壁等地區；現場勘驗員林社頭災區亦與分析圖(詳如附圖)吻合，結果可信。土壤液化現象會重復發生，必需小心防範。土壤液化可以以工程法補救，如：利用加大建築基礎(淺層地基建築物)或打基樁至硬磐層(深層地基建築物)、夯實土壤地基、排水、灌凝結物、注意管線連接等工程法以防止土壤液化之災害。可是需要投入相當之經費，也並非處處都需要實施防止土壤液化之工程。本資料可供爲建築工程規畫之參考，以了解何處需要防範土壤液化災害之風險。土壤圖資料庫如能增加成土環境(如：河、湖泊堆積物、風積物、塡積物或崩積物及三角洲、河濱、沖積扇、河床等)等資訊更能提高預測之準確度。又土壤詳測調查範圍以農地爲主，所



圖一、中彰投地區土壤液化風險評估圖

以舊市鎮缺乏可分析之資料爲美中不足之點。本項初步成果曾在中華地理資訊學會以海報方式展出，深獲與會各界之重視，許多工程單位都表示願與本所計畫合作，做近一步研究。



圖二、彰化縣員林鎮附近地區土壤液化風險評估圖

土壤液化區評估圖例

- 90% 以上液化風險
- 70% 以上液化風險
- 50% 以上液化風險
- 30% 以上液化風險
- 10% 以上液化風險
- 無液化風險
- 斷層帶
- 鐵道
- 國道
- 省道
- 縣道
- 鄉道
- 鄉道
- 鄉道
- 鄉鎮市區界